

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012125304/28, 18.06.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.06.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.06.2012

(45) Опубликовано: 20.01.2014 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2413257 C2, 27.02.2011. RU 2340920 C1,  
10.12.2008. JP 02093405 A, 04.04.1990. JP  
02010304 A, 16.01.1990.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности, Т.В.  
Маркс

(72) Автор(ы):

Корсаков Александр Сергеевич (RU),  
Жукова Лия Васильевна (RU),  
Кортов Сергей Всеволодович (RU),  
Врублевский Дмитрий Станиславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет имени  
первого Президента России Б.Н. Ельцина"  
(RU)(54) ОДНОМОДОВЫЙ ДВУХСЛОЙНЫЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ИНФРАКРАСНЫЙ  
СВЕТОВОД

(57) Реферат:

Изобретение относится к волоконно-оптическим системам связи, а именно к одномодовым двухслойным кристаллическим инфракрасным (ИК) световодам для спектрального диапазона от 2 до 50 мкм. Световод включает сердцевину и оболочку. Сердцевина диаметром 10-250 мкм выполнена из кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-иодида одновалентного таллия при следующем

соотношении компонентов, мас. %: бромид серебра - 98,8-65,0; твердый раствор - 1,2-35,0. Оболочка диаметром 0,6-1,1 мм выполнена из кристаллов на основе тех же материалов при следующем соотношении компонентов, мас. %: бромид серебра - 99,0-69,5; твердый раствор - 1,0-30,5. Технический результат - расширение рабочего спектрального диапазона световода в длинноволновую область до 50 мкм и повышение их фотостойкости. 3 пр.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2012125304/28, 18.06.2012**(24) Effective date for property rights:  
**18.06.2012**

Priority:

(22) Date of filing: **18.06.2012**(45) Date of publication: **20.01.2014 Bull. 2**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU,  
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Korsakov Aleksandr Sergeevich (RU),  
Zhukova Lija Vasil'evna (RU),  
Kortov Sergej Vsevolodovich (RU),  
Vrublevskij Dmitrij Stanislavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N. El'tsina" (RU)****(54) SINGLE-MODE DOUBLE-LAYER CRYSTALLINE INFRARED LIGHT-GUIDE**

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to fibre-optic communication systems and specifically to single-mode double-layered crystalline infrared light-guides for the 2-50 mcm spectral range. The light-guide comprises a core and a cladding. The 10-250 mcm diameter core is made of silver bromide-based crystals containing a solid solution of monovalent thallium bromide-iodide, with the following ratio of

components, wt %: silver bromide 98.8-65.0; solid solution 1.2-35.0. The 0.6-1.1 mm diameter cladding is made of crystals based on the same material, with the following ratio of components, wt %: silver bromide 99.0-69.5; solid solution 1.0-30.5.

EFFECT: expanding the operating spectral range of the light-guide in the long-wave region to 50 mcm and high light resistance.

3 ex

Изобретение относится к волоконно-оптическим системам связи, а именно к одномодовым двухслойным кристаллическим инфракрасным (ИК) световодам для спектрального диапазона от 2 до 50 мкм.

Известно, что в многомодовом двухслойном волокне межмодовая дисперсия существенно ограничивает его информационную пропускную способность. Для ее устранения волокно необходимо проектировать таким образом, чтобы в нем распространялась только одна мода [Дж.Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. - М.: Радио и связь, 1989, с.141]. Для решения данного условия необходим определенный химический состав сердцевины и оболочки световода, т.е. числовые значения показателей преломления, которые соответствуют этим составам. Причем состав сердцевины световода должен иметь показатель преломления больше, чем у оболочки [Дж.Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. - М.: Радио и связь, 1989, с.52]. Поэтому для изготовления методом экструзии одномодовых двухслойных кристаллических инфракрасных световодов применяются кристаллы твердых растворов одной и той же системы, но с различным соотношением макрокомпонентов, т.е. изменяющимися показателями преломления.

Известен одномодовый кристаллический инфракрасный световод [Патент РФ №2340921 от 10.12.2008 авторов Жуковой Л.В., Жукова В.В., Примерова Н.В., Чазова А.И., Корсакова А.С.], сердцевина и оболочка которого изготовлены из кристаллов на основе твердых растворов хлорид-бромид серебра различного состава. Недостатком световодов является светочувствительность, особенно к ультрафиолетовому и радиационному излучению, а также происходит процесс диффузии на границе сердцевина-оболочка, что приводит к ухудшению оптических свойств. Кроме того, ИК-световоды работают в ограниченной области ИК-диапазона спектра, т.е. от 3 до 30 мкм.

Наиболее близким техническим решением является одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод [Патент РФ №2340920 от 10.12.2008 авторов Жуковой Л.В., Чазова А.И., Примерова Н.В., Корсакова А.С., Жукова В.В.], сердцевина которого имеет диаметр 15-45 мкм и выполнена из твердых растворов хлорид-бромид серебра, легированных йодидом одновалентного таллия при определенных соотношениях ингредиентов, а оболочка диаметром 0,7-1,0 мм выполнена из твердых растворов хлорид-бромид серебра определенного состава. Но световод используется в спектральном диапазоне до 30 мкм. Поэтому возникает задача по созданию ИК-световодов для работы в более широком спектральном диапазоне до 50 мкм.

Задачей изобретения является получение одномодовых двухслойных кристаллических инфракрасных световодов на основе бромида серебра, содержащего более тяжелый по молекулярной массе твердый раствор бромид-йодида одновалентного таллия ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ), что позволяет расширить рабочий спектральный диапазон световодов в длинноволновую область, т.е. от 2 до 50 мкм.

Поставленная задача решается за счет того, что одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод имеет сердцевину диаметром 12-250 мкм, которая выполнена из кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-йодида одновалентного таллия ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ), при следующем соотношении компонентов, мас. %:

бромид серебра	- 98,8-65,0
твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ )	- 1,2-35,0,

а оболочка диаметром 0,6-1,1 мм выполнена из кристаллов на основе тех же материалов при следующем соотношении компонентов, мас. %:

5	бромид серебра	- 99,0-69,5
	твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ )	- 1,0-30,5,

что позволяет получать двухслойные инфракрасные световоды, работающие в одномодовом режиме на длинах волн от 2 до 50 мкм.

#### 10 Преимущества перед прототипом

Введение в кристаллическую решетку бромида серебра радиационно-стойких и тяжелых по молекулярной массе твердых растворов на основе галогенидов одновалентного таллия ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ) позволяет:

15 1. Расширить диапазон прозрачности ИК-световодов в дальнюю инфракрасную область спектра до 50 мкм (в прототипе до 30).

2. Повысить устойчивость ИК-световодов к радиационному, ультрафиолетовому, видимому и инфракрасному излучениям в 5-10 раз, по сравнению с прототипом.

3. Получать ИК-световоды нанокристаллической структуры, благодаря чему  
20 становится возможным свести к минимуму величину пустот между зернами, что, в свою очередь, обеспечивает минимальную величину оптических потерь. Например, на длине волны 10,6 мкм они составляют 0,05 дБ/м, по сравнению с прототипом - 0,1-0,5 дБ/м.

25 Сущность изобретения состоит в том, что новый одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод получен методом экструзии из вновь разработанных кристаллов на основе AgBr и твердого раствора  $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ . Сердцевина световода диаметром 10-250 мкм выполнена из указанных кристаллов состава в мас. %:

30	бромид серебра	- 98,8-65,0;
	твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ )	- 1,2-35,0

и помещена в оболочку диаметром 0,6-1,1 мм, изготовленную из кристаллов на  
35 основе тех же материалов, содержащую в мас. %:

бромид серебра	- 99,0-60,5;
твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ )	- 1,0-39,5,

40 что позволяет получать двухслойный инфракрасный световод, в котором распространяется одна мода.

#### Пример 1

Для работы на длине волны 2 мкм изготовили методом экструзии двухслойный ИК-  
световод с сердцевиной диаметром 10 мкм и составом в мас. %:

45	бромид серебра	- 98,8;
	твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ )	- 1,2.

Оболочка диаметром 0,6 мм имеет состав, мас. %:

50	бромид серебра	- 99,0;
	твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ )	- 1,0.

При этом показатель преломления сердцевины составляет 2,218, а оболочки - 2,215

при нормализованной частоте, равной 2,2 при работе на длине волны 2,0 мкм, угле ввода электромагнитного излучения  $13^\circ$  и числовой апертуре  $NA=0,117$ .

При сканировании торца световода вид выходящего излучения соответствует гауссовскому распределению энергии. Это свидетельствует о наличии моды низшего порядка и подтверждает одномодовый режим работы изготовленного кристаллического ИК-световода [S.Shalem, A.Tsun, E.Rave and et. al. Silver halide single-mode fibers for the middle infrared. Applied physics letters 87, 091103 (2005)].

#### Пример 2

Методом экструзии изготовили двухслойный ИК-световод с сердцевинной диаметром 100 мкм для работы на длине волны 10,6 мкм следующего состава в мас. %:

бромид серебра	- 80,0;
твердый раствор ( $TlBr_{0,46}I_{0,54}$ )	- 20,0.

Оболочка диаметром 0,9 мм имеет состав, мас. %:

бромид серебра	- 80,5;
твердый раствор ( $TlBr_{0,46}I_{0,54}$ )	- 19,5.

При нормализованной частоте, равной 2,2 и работе ИК-световода на длине волны 10,6 мкм, показатель преломления сердцевины составляет 2,289, а оболочки - 2,276. Угол ввода электромагнитного излучения составляет  $28^\circ$ , числовая апертура  $NA=0,239$ .

При сканировании торца световода вид выходящего излучения соответствует гауссовскому распределению энергии, как в примере 1.

#### Пример 3

Изготовили двухслойный ИК-световод с сердцевинной диаметром 250 мкм и составом в мас. %:

бромид серебра	- 65,0;
твердый раствор ( $TlBr_{0,46}I_{0,54}$ )	- 35,0.

Оболочка диаметром 1,0 мм имеет состав, мас. %:

бромид серебра	- 69,5;
твердый раствор ( $TlBr_{0,46}I_{0,54}$ )	- 30,5.

Световод предназначен для работы на длине волны 50,0 мкм. Показатель преломления сердцевины равен 2,305, а оболочки - 2,301. Нормализованная частота равна 2,2, угол ввода электромагнитного излучения в сердцевину световода равен  $16^\circ$ , числовая апертура  $NA=0,140$ .

При сканировании торца световода, как и в первом примере, профиль выходящего излучения соответствует нормальному гауссовскому распределению энергии, что подтверждает одномодовый режим работы.

#### Пример 4

Изготовили двухслойный ИК-световод с сердцевинной 8 мкм и содержанием твердого раствора ( $TlBr_{0,46}I_{0,54}$ ) в бромиде серебра 1,0 мас. %, а в оболочке - менее 0,8 мас. % твердого раствора в бромиде серебра. Но такой ИК-световод прозрачен в спектральном диапазоне от 2 до 25 мкм.

Изготовить одномодовый двухслойный ИК-световод с сердцевинной состава в мас. %:

бромид серебра - 60,0;  
 твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ) - 40,0

не удается, так как кристалл такого состава вырастает блочным и распадается по границам блоков.

Технический результат позволяет получать одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод определенного химического состава сердцевины и оболочки (с показателями преломления от 2,215 до 2,305), которые изготовлены из новых кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-йодида одновалентного таллия ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ). Наличие в кристалле радиационно-стойких галогенидов одновалентного таллия позволяет расширить диапазон пропускания ИК-световодов до 50 мкм и повысить их фотостойкость в 5-10 раз по сравнению с прототипом.

#### Формула изобретения

Одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод, включающий сердцевину и оболочку, отличающийся тем, что сердцевина диаметром 10-250 мкм выполнена из кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-йодида одновалентного таллия ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ), при следующем соотношении компонентов, мас. %:

бромид серебра - 98,8-65,0  
 твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ) - 1,2-35,0,

а оболочка диаметром 0,6-1,1 мм выполнена из кристаллов на основе тех же материалов при следующем соотношении компонентов, мас. %:

бромид серебра - 99,0-69,5  
 твердый раствор ( $\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$ ) - 1,0-30,5